

第II部門

揖保川水系における源流水温の観測と解析

神戸大学大学院 学生員 ○中山 和也 神戸大学大学院 正会員 宮本 仁志
 神戸大学工学部 学生員 前羽 洋 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はじめに

筆者らは、水系全体の河川環境を把握して統合的な水資源管理につなげるために、揖保川水系を試験流域にして河川水温を継続的に観測し、その解析法を検討してきた^{1,2)}。河川水温は源流から河口に流下する過程で水面熱収支や合流などにより変化する。本報では、解析モデル²⁾の境界条件となる源流水温に着目し、現地観測により水温の変動特性を考察するとともに、源流水温を推定する解析モデル³⁾の適用性を検討した。

2. 対象流域の概要

図-1 に、揖保川水系の河道網と水温プローブの設置場所を示す。本報では、図中の○で示された4つの源流部(O7, O19, O25, No.1)における河川水温を検討する。源流部はすべて一次河道であり、それらの標高はそれぞれ、O7: 980m, O19: 431m, O25: 210m, No.1: 467mである。各地点に設置された水温プローブによって1時間ごとに流水水温が計測される。

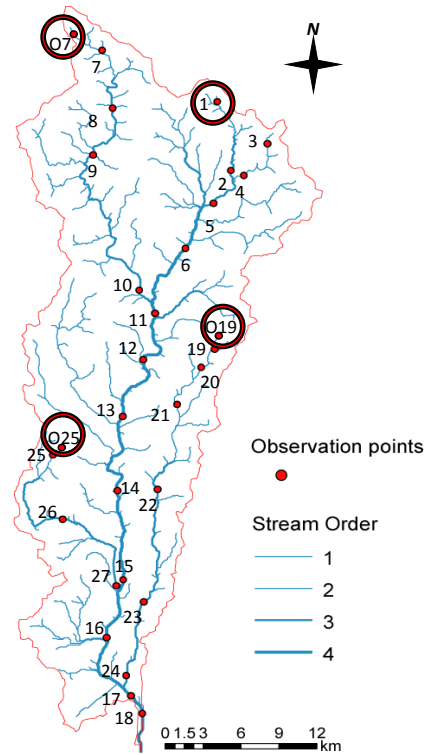


図-1 揖保川水系の河道網と水温計測位置

3. 観測結果と考察

図-2 に、各観測地点の源流水温と流域下流(No.17)の河川水温、および対応する気象・水文学の時系列を示す。ここで、気温、日照時間、降水量は流域中流部の一宮における気象庁アメダスデータを用い、流量は下流部の国土交通省龍野観測点の流量データを使用した。図より、

源流水温の年変動は、気温や下流の河川水温と同様に、夏期に高くなり冬期にかけて低くなる。一方、源流水温の年較差や日較差は河川水温に比べて小さくなる傾向を示す。7・8月の降水時には下流の河川水温と同じく、源流水温も急激

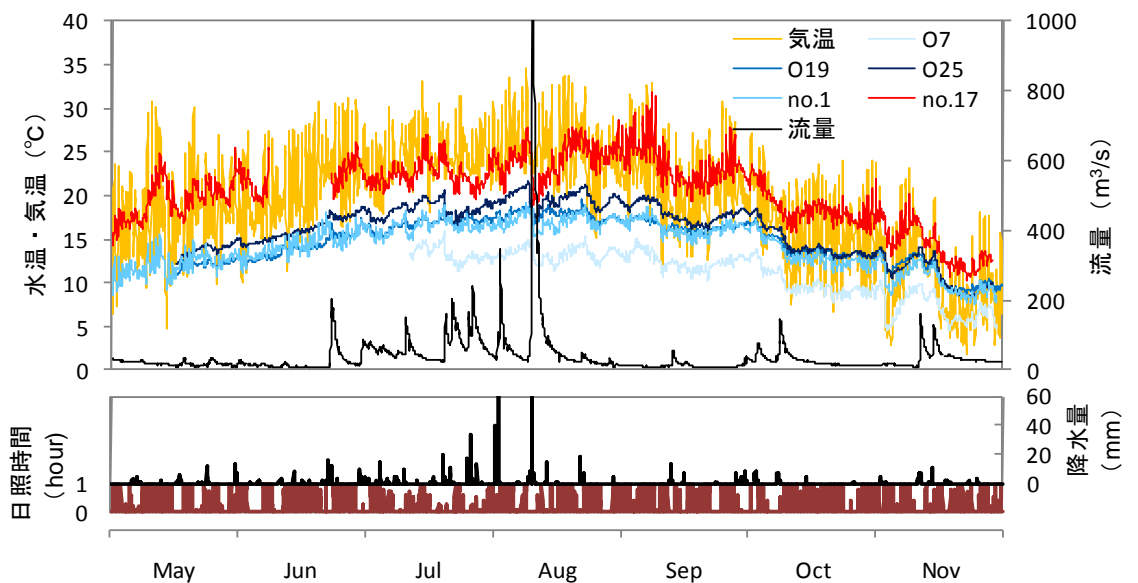


図-2 水温および気象・水文学の時系列 (2009年5月~11月)

Kazuya NAKAYAMA, Hitoshi MIYAMOTO, Hiroshi MAEBA and Kohji MICHIOKU

miyamo@kobe-u.ac.jp

に低下する。これは、降水による直接流出が源流水温にも影響しているためと考えられる。

図-3 に、源流各地点の標高と月平均源流水温の関係を示す。標高が高くなるにつれて水温が低下する。その遞減率は平均で 0.71°C/100m 程度で、気温遞減率の平均値である 0.65°C/100m と比較すると若干大きいようである。これらより、月平均源流水温は標高によって線形的に変化することがわかる。

4. 源流水温推定モデルの検討

源流における基底流出水温 T_0 は、地表面温度 T_s と深さ z_1 における地中温度 $T(z_1)$ の算術平均で近似できると仮定され、次式で推定される³⁾。

$$T_0 = \frac{T_s + T(z_1)}{2} \quad (1)$$

ここで、地表面温度 T_s は式(2)で、深さ z_1 における地中温度 $T(z_1)$ は式(3)~(5)で、それぞれ与えられる。

$$T_s = \sum_{n=1}^{12} f_n \sin(n\omega t - \phi_{yn}) + \bar{T} \quad (2)$$

$$T(z) = \sum_{n=1}^{12} F_n \sin(n\omega t - \phi_{yn} - \varepsilon_{yn}) \quad (3)$$

$$F_n = f_n \exp(-\varepsilon_{yn}), \quad \varepsilon_{yn} = z_1 \left(\frac{\omega}{2a} \right)^{1/2} \quad (4),(5)$$

ここで、 f_n : 地表面における各周波数成分の振幅の大きさ (°C)、 F_n : 深さ z_1 における各周波数成分の振幅の大きさ (°C)、 t : 時間 (日)、 ω : 角周波数 (rad/日)、 ϕ_{yn} : 初期位相 (rad)、 \bar{T} : 年平均温度

(°C)、 ε_{yn} : 地表面温度変化に対する深さ z_1 での位相遅れ (rad)、 a : 温度拡散係数 ($m^2/日$)、である。本報ではデータ入手の容易

さから、気温で地表面温度 T_s を代用した。各地点の気温は、流域内の一宮および姫路のアメダスデータを基に標高と緯度により補正して求めた。源流水温の日較差が小さいことから、ここでは日平均値を解析対象とした。地中温度の深さ z_1 は、水系全体で観測値と推定値の誤差が最小となるように同定した。

図-4 に、地点 O7 および No.1 における源流水温の推定値と観測値を示す。また、表-1 に、各地点における観測値と推定値の平均誤差および最大誤差を示す。最適深さ z_1 は 4.9m であった。図表より、推定値は観測値を概ね再現できていることがわかる。しかし地点 No.1 の 1~3 月においては、推定値は観測値より明らかに高温となる。これは揖保川流域北部における冬期積雪の影響と考えられる。今後は、雪の影響を推定モデルに取り入れ、源流水温の推定精度を向上させる予定である。

【参考文献】1) 宮本, 菅原, 道奥: 上・中・下流域における河川水温の形成要因に関する解析的検討, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.1153-1158, 2009. 2) 宮本, 道奥: 流域地形則を用いた河川水温分布モデル, 水工学論文集, 第 52 巻, pp.1069-1074, 2008. 3) 近藤: 河川水温の日変化(1), 水文・水資源学会誌, 8(2), pp.184-196, 1995.

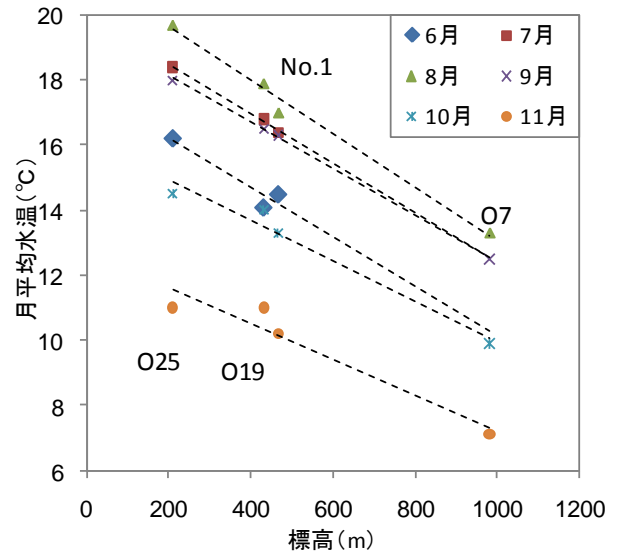


図-3 源流各地点の標高と水温の関係

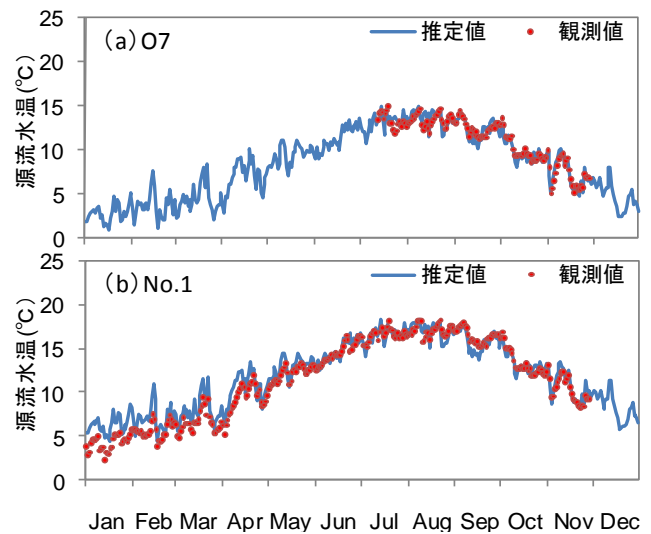


図-4 源流水温の観測値と推定値の時系列

表-1 源流各地点の推定値と観測値の平均と最大誤差

	O7	O19	O25	No.1
平均誤差 (°C)	0.78	0.70	1.35	1.20
月平均最大誤差 (°C)	8月:0.23	6月:1.21	11月:2.10	1月:2.08